

**KAJIAN TEKNIS INTEGRASI *PHOTOVOLTAIC* PADA
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO (PLTMH)
ANDUNGBIRU UNTUK MENGATASI PENINGKATAN
PELANGGAN**

**SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI ELEKTRIK**



**MOCH RIZKI INDRA DWIJAYANTO
NIM. 135060301111096**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2018**

JUDUL SKRIPSI:

KAJIAN TEKNIS INTEGRASI *PHOTOVOLTAIC* PADA PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA MIKRO HIDRO (PLTMH) ANDUNGBIRU UNTUK MENGATASI
PENINGKATAN PELANGGAN.

Nama Mahasiswa : MOCH RIZKI INDRA DWIJAYANTO
NIM : 135060301111096
Program Studi : TEKNIK ELEKTRO
Konsentrasi : TEKNIK ENERGI ELEKTRIK

Komisi Pembimbing :

Ketua : Ir. Teguh Utomo, M.T.



Anggota : Ir. Mahfudz Shidiq, M.T.



Tim Dosen Penguji :

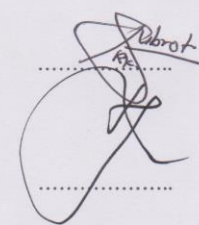
Dosen Penguji 1 : Ir. Moch. Dhofir, Drs., M.T.



Dosen Penguji 2 : Ramadhani Kurniawan S, S.T., M.T.



Dosen Penguji 3 : Ir. Hery Purnomo, M.T.



Tanggal Ujian : 23 Maret 2018

SK Penguji : 622/UN10.F07/SK/2018

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya yang menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan ditulis dalam naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain. Kecuali secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan daftar pustaka.

Apabila ternyata didalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 7 Februari 2018

Mahasiswa,



Moch Rizki Indra Dwijavanto

NIM. 135060301111096

Teriring Ucapan Terima Kasih kepada:

*Ayahanda dan Ibunda tercinta
Subrowi dan Lilik Endang S.*

RINGKASAN

Moch Rizki Indra Dwijayanto, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya. Maret 2018, **Kajian Teknis Integrasi *Photovoltaic* Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Andungbiru Untuk Mengatasi Peningkatan Pelanggan**, Dosen Pembimbing: Ir. Teguh Utomo, M.T. dan Ir. Mahfudz Shidiq, M.T.

Pembangkit listrik memiliki peranan dalam laju pertumbuhan ekonomi di Indonesia. Namun pada pertumbuhan ekonomi yang pesat sekarang masih terdapat beberapa wilayah di Indonesia yang belum terjangkau listrik oleh PT. PLN (Perusahaan Listrik Negara). Salah satu solusi dari masalah tersebut adalah pembangunan PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro) pada wilayah yang memiliki potensi air yang melimpah, salah satunya yaitu di Desa Andungbiru kecamatan Tiris kabupaten Probolinggo. Semenjak awal pembangunan PLTMH telah mengalami beberapa perubahan seiring dengan bertambahnya kebutuhan beban sehingga mendorong pihak pengelola melakukan peningkatan kapasitas pembangkit. Kajian ini akan dilakukan integrasi PLTMH dengan *photovoltaic*. Berdasarkan sistem hibrid yang dilakukan, 125,35 kVA akan disuplai *photovoltaic* untuk memenuhi kebutuhan beban terpasang, dan *photovoltaic* yang dibutuhkan sebanyak 553 modul dengan kapasitas 300Wp.

Kata Kunci : PLTMH dan *Photovoltaic*

SUMMARY

Moch Rizki Indra Dwijayanto, *Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Brawijaya. Maret 2018, **Photovoltaic Integration Technical On Hydro Micro Power Plant (PLTMH) Andungbiru To Overcome Customer Improvement**, Academi Supervisor: Ir. Teguh Utomo, M.T. and Ir. Mahfudz Shidiq, M.T.*

Power plants have a role in the rate of economic growth in Indonesia. But in the rapid economic growth now there are still some areas in Indonesia that have not reached electricity by PT. PLN (Perusahaan Listrik Negara). One solution of the problem is the build of PLTMH (Micro Hydro Power Plant) in areas with abundant water potential, one of them is in Andungbiru village, Tiris district, Probolinggo regency. Since the beginning of the development of PLTMH has undergone several changes along with the increasing demand of the load so as to encourage the manager to increase the capacity of the plant. This study will be done with PLTMH integration with photovoltaic. Based on the hybrid system, 125,35 kVA will be supplied with photovoltaic to meet installed load requirements, and the required photovoltaic is 553 modules with capacity 300Wp.

Key Words : *PLTMH and Photovoltaic*

KATA PENGANTAR

Segenap puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya. Alhamdulillah, peneliti dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Kajian Teknis Integrasi *Photovoltaic* Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Andungbiru Untuk Mengatasi Peningkatan Pelanggan” yang diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik. Tidak lupa pula shalawat serta salam selalu peneliti sampaikan kepada junjungan besar Nabi Muhammad SAW yang telah membawa kita menuju ke jalan yang terang.

Peneliti ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah membantu dan mendukung dalam penyelesaian skripsi ini, yaitu :

1. Keluarga tercinta, Ibunda Lilik Endang Susilowati, Ayah Subrowi, Kakak Tercinta Moch Rizad Eka Wardana dan Intan Feastie, Serta seluruh keluarga besar. Terima kasih untuk dukungan dan doa yang tak pernah putus yang diberikan.
2. Bapak Ir. Teguh Utomo, MT. dan Bapak Ir. Mahfudz Shidiq, MT. selaku dosen pembimbing skripsi yang telah memberikan banyak waktu dan tenaganya untuk membimbing dari awal, memberikan saran, nasehat-nasehat, dan pelajaran.
3. Ibu Rusmi Ambarwati, ST., MT. selaku dosen penasehat akademik yang telah memberikan pengarahan serta bimbingan akademik.
4. Ibu Dr. Rini Nur Hasanah, ST., M.Sc. selaku KKDK konsentrasi Teknik Energi Elektrik yang banyak memberikan pengarahan dalam hal akademik dan saran judul skripsi.
5. Bapak dan Ibu dosen serta segenap staf dan karyawan Jurusan Teknik Elektro.
6. Teman-teman Grup “Power Ranger” dan “Silaturahmi” terima kasih atas canda tawa, semangat dan kebersamaan selama ini.

7. Teman-teman SPECTRUM 2013 dan POWER 2013 Terima Kasih Atas kebersamaan selama perkuliah.
8. Teman Seperjuangan Edo, Bhakti, Dimas, Edi, Rio, Najib, Rizal Terima Kasih Atas bantuan Selama Pengerjaan Skripsi ini.
9. Seluruh Keluarga Besar Mahasiswa Teknik dan Keluarga Besar Mahasiswa Teknik Elektro, serta UKM Bola Voli yang telah menjadi wadah dan rumah kedua untuk aspirasi mengasah bakat dibidang non-akademik.
10. Dan untuk semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Peneliti menyadari adanya kekurangan dan ketidak sempurnaan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, sangat diharapkan kritik dan saran yang membangun untuk kelengkapan dan kesempurnaan skripsi ini. Peneliti berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Malang, Februari 2018

Peneliti

DAFTAR ISI

| | |
|---|-----|
| KATA PENGANTAR | i |
| DAFTAR ISI..... | iii |
| DAFTAR TABEL..... | v |
| DAFTAR GAMBAR | vi |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 2 |
| 1.3 Batasan Masalah | 3 |
| 1.4 Tujuan | 3 |
| 1.5 Manfaat | 3 |
| 1.6 Sistematika Penulisan | 3 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 5 |
| 2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro..... | 5 |
| 2.2 Energi Matahari | 5 |
| 2.3 Sistem <i>Photovoltaic</i> | 6 |
| 2.4 Modul <i>Photovoltaic</i> | 7 |
| 2.5 <i>Array Photovoltaic</i> | 10 |
| 2.6 <i>Battery Control Regulator</i> | 11 |
| 2.7 Baterai | 12 |
| 2.8 <i>Inverter</i> | 13 |
| 2.9 <i>Switch Controler</i> | 14 |
| 2.10 Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid..... | 14 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN..... | 17 |
| 3.1 Diagram Penulisan | 17 |
| 3.2 Studi Literatur | 17 |
| 3.3 Survei Lapangan | 18 |
| 3.4 Pengumpulan Data | 18 |
| 3.5 Perhitungan dan Analisis Data..... | 18 |
| 3.6 Kesimpulan dan Saran | 19 |
| BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN | 21 |
| 4.1 Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)..... | 21 |
| 4.1.1 Saluran Penyadap (<i>Intake</i>) | 21 |
| 4.1.2 Pintu Air..... | 22 |

| | | |
|--|---|----|
| 4.1.3 | Saluran Pembawa (<i>Headrace</i>)..... | 22 |
| 4.1.4 | Bak Penenang (<i>forebay</i>)..... | 23 |
| 4.1.5 | Pipa Pesat (<i>Penstok</i>)..... | 24 |
| 4.1.6 | Rumah Pembangkit (<i>Power House</i>)..... | 25 |
| 4.1.7 | Generator Sinkron..... | 26 |
| 4.2 | Peramalan Beban Listrik PLTMH Desa Andungbiru..... | 29 |
| 4.3 | Data Radiasi Matahari..... | 31 |
| 4.4 | Data Spesifikasi Komponen Sistem <i>Photovoltaic</i> Yang Ada di Pasaran | 34 |
| 4.5 | Perancangan Sistem..... | 38 |
| 4.5.1 | Perancangan Modul <i>Photovoltaic</i> Yang Digunakan..... | 40 |
| 4.5.2 | Perancangan Baterai Yang Digunakan..... | 41 |
| 4.5.3 | Perancangan BCR Yang Digunakan..... | 42 |
| 4.5.4 | Perancangan Inverter Yang Digunakan..... | 42 |
| 4.6 | Analisis Teknis Perancangan Sistem..... | 43 |
| 4.7 | Penentuan Arah dan Peletakan Modul <i>Photovoltaic</i> | 45 |
| 4.8 | Analisis Kinerja <i>Hybrid</i> Sistem <i>Photovoltaic</i> Dengan PLTMH..... | 47 |
| 4.9 | Hasil Simulasi Dengan Menggunakan ETAP 12.0..... | 49 |
| BAB V PENUTUP..... | | 53 |
| 5.1 | Kesimpulan..... | 53 |
| 5.2 | Saran..... | 53 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | | 55 |
| LAMPIRAN..... | | 57 |
| Lampiran 1 <i>Solar Battery</i> | | 59 |
| Lampiran 2 Solar Panel..... | | 60 |
| Lampiran 3 <i>Battery Control Regulator</i> (BCR)..... | | 62 |
| Lampiran 4 Inverter 3 Fasa..... | | 63 |
| Lampiran 5 Peta Jaringan PLTMH Andungbiru..... | | 65 |
| Lampiran 6 Dokumentasi Bersama pengelola PLTMH..... | | 65 |
| Lampiran 7 Data Lama Penyinaran Matahari..... | | 66 |
| Lampiran 8 Data Pelanggan PLTMH..... | | 67 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 4.1. Jumlah APP Terpasang | 29 |
| Tabel 4.2. Perkiraan Pertambahan Beban | 30 |
| Tabel 4.3. Radiasi Matahari per Bulan Tahun 2016 Untuk Wilayah Malang..... | 32 |
| Tabel 4.4. Contoh Spesifikasi Modul <i>Photovoltaic</i> Yang Ada di Pasaran..... | 35 |
| Tabel 4.5. Contoh Spesifikasi Baterai Yang Ada di Pasaran | 36 |
| Tabel 4.6. Contoh Spesifikasi BCR Yang Ada di Pasaran..... | 36 |
| Tabel 4.7. Contoh Spesifikasi Inverter 3 Fasa Yang Ada di Pasaran..... | 37 |
| Tabel 4.8. Daftar Komponen yang Digunakan..... | 43 |
| Tabel 4.9. Total Daya Terpasang | 48 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|--------------|---|----|
| Gambar 2.1. | Bagan Sistem <i>Photovoltaic</i> | 6 |
| Gambar 2.2. | <i>Cell, Module</i> , dan Panel (<i>Array</i>)..... | 7 |
| Gambar 2.3. | Pengaruh Temperatur Terhadap Keluaran Modul <i>Photovoltaic</i> ... | 9 |
| Gambar 2.4. | <i>Battery Control Regulator</i> Untuk <i>Photovoltaic</i> | 12 |
| Gambar 2.5. | Contoh Baterai | 13 |
| Gambar 2.6. | Contoh Inverter | 14 |
| Gambar 2.7. | Diagram Konsep Integrasi PLTMH dan PLTS <i>Off Grid System</i> .. | 16 |
| Gambar 2.8. | Diagram Konsep Integrasi PLTMH dan PLTS <i>On Grid System</i> ... | 16 |
| Gambar 3.1 | Diagram Alir Penelitian..... | 17 |
| Gambar 4.1. | <i>Intake</i> PLTMH Andungbiru | 22 |
| Gambar 4.2. | Pintu Air PLTMH Andungbiru | 22 |
| Gambar 4.3. | Saluran Pembawa | 23 |
| Gambar 4.4. | Bak Penenang | 23 |
| Gambar 4.5. | Pipa Pesat 3 Jalur..... | 24 |
| Gambar 4.6. | Pipa Pesat Unit 1 | 24 |
| Gambar 4.7. | Pipa Pesat Unit 2 | 25 |
| Gambar 4.8. | Rumah Pembangkit Dari Sisi Luar..... | 25 |
| Gambar 4.9. | Rumah Pembangkit Unit 1 | 26 |
| Gambar 4.10. | Rumah pembangkit Unit 2..... | 26 |
| Gambar 4.11. | Generator Sinkron 3 Fasa Pada Unit 1 | 27 |
| Gambar 4.12. | Generator Sinkron 3 Fasa Pada Unit 2 | 28 |
| Gambar 4.13. | Grafik Pertumbuhan Beban PLTMH..... | 30 |
| Gambar 4.14. | Grafik Radiasi Matahari | 32 |
| Gambar 4.15. | Grafik Jumlah Jam Efektif Radiasi Matahari | 33 |
| Gambar 4.16. | Penentuan Kemiringan Modul <i>Photovoltaic</i> | 46 |
| Gambar 4.17. | Lokasi Peletakan Modul <i>Photovoltaic</i> | 47 |
| Gambar 4.18. | <i>Single Line</i> Diagram PLTMH Andungbiru | 50 |
| Gambar 4.19. | Hasil Perhitungan Rugi Daya Dengan ETAP 12.0..... | 51 |
| Gambar 4.20. | Asumsi <i>Single Line</i> Diagram PLTMH Andungbiru | 51 |
| Gambar 4.21. | Hasil Perhitungan Rugi Daya Dengan ETAP 12.0..... | 52 |